



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science

Bakterietillväxt i strömedel till mjölkkor



Maria Törner

Examensarbete / SLU, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, **448**

Uppsala 2013

Degree project / Swedish University of Agricultural Sciences,
Department of Animal Nutrition and Management, **448**

Examensarbete, 15 hp

Kandidatarbete

Husdjursvetenskap

Degree project, 15 hp

Bachelor Thesis

Animal Science



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjurens utfodring och vård

Swedish University of Agricultural Sciences
Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science
Department of Animal Nutrition and Management

Bakterietillväxt i strömedel till kalvar

Bacterial growth in bedding material used for dairy cows

Maria Törner

Handledare: Christer Bergsten, Institutionen för biosystem och teknologi
Supervisor:

Ämnesansvarig: Anders Herlin, Institutionen för biosystem och teknologi
Subject responsibility:

Examinator: Jan Bertilsson, Institutionen för husdjurens utfodring och vård
Examiner:

Omfattning: 15 hp
Extent:

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap
Course title:

Kurskod: EX0553
Course code:

Program: Agronomprogrammet - husdjur
Programme:

Nivå: Grund G2E
Level:

Utgivningsort: Uppsala
Place of publication:

Utgivningsår: 2013
Year of publication:

Serienamn, delnr: Examensarbete / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, 448
Series name, part No:

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>
On-line published:

Nyckelord: bakterietillväxt, mastit, mjölkko, strömedel, biologiska egenskaper
Key words: bacterial growth, mastitis, dairy cow, bedding, litter, biochemical properties

Abstract

The resting area is the most important place in the barn for the dairy cow, sometimes called the heart of the free stall system. Inadequate design of the lying area, and lack of or poor quality of bedding materials may reduce the hygiene of the stall. Poor management regarding the cleanliness of the resting area may lead to poor animal hygiene and increased bacterial growth. This in turn will lead to increased risk for environmental mastitis as well as impairing milk quality through contamination with spores.

In this literature study the most commonly used bedding materials; straw, sawdust, wood shavings, clean sand, recycled sand, peat and recycled manure solids, are compared to one another with regards to their ability to resist bacterial growth. Effects of adding hydrated lime to bedding materials have also been studied.

Most bacteria need humidity and prefer a quite high water activity to be able to grow. In addition, bacteria need sources of energy and organic nutrients and obtain these from carbon and nitrogen compounds. Studies show that there is a difference between organic and inorganic bedding materials with regard to their function as a bacterial substrate. Organic bedding has shown to be more susceptible for bacterial growth.

In conclusion the composition of bedding material is of great importance in the maintenance of dairy cow health. In this study a difference between bedding materials in their ability to enhance bacterial growth has been observed.

Sammanfattning

Liggplatsen för mjölkkor är kanske den viktigaste platsen i stallet och kallas ibland lösdriфтens hjärta. Bristande utformning av liggytan, bristande mängd samt användning av strömedel av dålig kvalitet försämrar liggplatsens hygien. Bristande rutiner för renhållning av liggplatsen kan påverka kornas hygien och leda till ökad tillväxt av mikroorganismer. Bakterietillväxt kan i sin tur leda till försämrad juverhälsa samt försämma mjölkkvaliteten genom sporer.

Denna litteraturstudie jämför bakterietillväxt och biokemiska egenskaper hos de vanligaste strömedlen; halm, sågspån, kutterspån, ren sand, återvunnen sand, torv och återvunnen fastgödsel. Även släckt kalks inverkan på tillväxt av bakterier då det blandats med spån eller halm har studerats.

De flesta bakterier behöver fukt och föredrar ganska hög vattenaktivitet för att kunna växa. De är även i behov av organiska näringsämnen som kol- och kväveföreningar som energikälla. Studier visar att organiska och oorganiska strömedel har olika fysiska och biokemiska egenskaper. Flera av de organiska strömedlens fysikaliska och biokemiska egenskaper har visat sig gynna bakterietillväxt.

Denna litteraturstudie visar att strömedels biologiska egenskaper har betydelse för bakterietillväxtens utveckling på kons liggplats samt för djurhälsan i besättningen.

Introduktion

Liggplatsen för mjölkkor är en av de viktigaste platserna i ett stall och bristande utformning och skötsel av liggplats och tillhörande strömedel kan påverka kornas hälsa negativt. Goda rutiner för renhållning av kornas liggplats är därför av högsta vikt för att minimera antalet patogener (virus eller bakterie som kan orsaka sjukdom) på liggplatsen (Hogan & Smith 2003;

Magnusson *et al.*, 2007). Den huvudsakliga andelen patogener som riskerar att smitta korna finns i deras närmiljö och är den främsta orsaken till bland annat akut klinisk mastit (Hogan & Smith 2003). Enligt Kristula *et al.* (2005) är det därför viktigt att inhysningssystem och skötsel av djuren är utformad på sådant sätt att spenens exponering för patogener minimeras.

Idag används många olika typer av strömedel och liggunderlag till våra mjölkkor. Dessa olika strömedel har varierande biokemiska och fysiska egenskaper och bildar därför mer eller mindre fördelaktiga miljöer för tillväxt av patogener (Godden *et al.*, 2008). Detta gör att man har kunnat se en variation i bakterietillväxt mellan olika strömedel (Hogan & Smith 2003).

Liggplatsen kan kontamineras av både sporbildande och icke sporbildande bakterier. Faktorer som har inverkan på bakterietillväxten inkluderar strömedlets temperatur, pH och om det är oorganiskt eller organiskt (Willey *et al.*, 2009a). I flera studier har man tydligt kunnat se att olika bakterier trivs och tillväxer i olika grad beroende på om materialet är av oorganiskt eller organiskt ursprung. Bakterietillväxten kan även relateras till strömedlets renhet, dvs. innehåll av andra organiska material som exempelvis foderrester, mjölk och gödsel (Fairchild *et al.*, 1982; Zdanowicz *et al.*, 2004). Även strömedlets torrs substans (TS, alla beståndsdelar i materialet som inte är vatten) och näringsmässiga innehåll kan påverka tillväxten eftersom mikroorganismer behöver näring och kan vara känsliga för viss vattenaktivitet. Vattenaktivitet är en osmotisk parameter och anger den del av det totala vatteninnehållet som är bundet på ett sådant sätt att det kan tillgodogöras av mikroorganismer. Bakterietillväxten på liggplatsen påverkas även av båsplatsens utformning i förhållande till storleken på korna samt renhållningsrutiner i besättningen, då inblandning av gödsel i strömedlet ökar bakterietillväxten (Zehner *et al.*, 1986).

De vanligaste organiska strömedlen är sågspån, kutterspån och halm, det förekommer även att torv och återvunnen fastgödsel används. Flera studier visade att det i organiska strömedel så som till exempel spån och halm, fanns betydligt mer miljöbakterier än vad man fann i oorganiska strömedel som exempelvis sand och krossad kalksten (Paul *et al.* 2002; Bernard 2004). Organiska strömedel är generellt mer känsliga för tillväxt av bakterier då de har en mer fördelaktig biokemisk sammansättning och innehåller mer energi som olika patogener kan tillgodogöra (Bernard 2004).

Andra faktorer som påverkar bakterietillväxten är hur väl miljön på mjölkkons liggplats stämmer överens med mikroorganismens egna förutsättningar. Olika patogener skiljer sig från varandra så tillvida att de tillgodogör sig energi på olika sätt (Willey *et al.*, 2009c).

Många olika studier har gjorts för att undersöka strömedels motståndskraft för skadliga mikroorganismer i djurstallar. Gemensamt för dessa studier är att man undersökt strömedlets bakteriemotståndskraft utan inverkan av andra organiska ämnen som exempelvis foderrester, urin, träck och mjölk. Denna litteraturstudie baseras på resultat från studier där den hygieniska kvalitén och förmågan att motstå tillväxt av bakterier i olika typer av strömedel har undersökts.

Inhysning av mjölkkor

Det är vanligt att mjölkkor hålls uppbundna eller i olika typer av lösdrifter. I mjölkkostallar med bundna kor används kortbås eller långbås som inredningstyp. Kor som går i lösdrifter kan ha tillgång till liggbås, foderliggbås eller djupströbädd. I stall med djupströbädd finns inga båsar och korna kan själva välja vart de vill ligga. I stall med liggbås är liggplatserna däremot uppdelade, avsedda att användas av en ko åt gången. Liggplatsen är ofta upphöjd och nivåskillnaden mellan stallets skrapgång och liggytan är viktig för att inte för mycket gödsel

ska dras med av kon upp i liggbåset, samt för att gödselskrapan inte ska föra upp gödsel i liggbåset (Bengtsson & Herlin 2001). Liggbås bör, för avrinningens och kons komforts skull, ha viss lutning, det bör även vara anpassat efter kons storlek. Båspallen är ofta gjord av betong som täckts av en matta eller madrass, ofta i kombination med ett tunnare skikt av strömedel. Madrass eller matta i kombination med strömedel är avsedda att minska friktion mellan kon och liggytan då hon reser eller lägger sig, öka kons komfort samt absorbera fukt och urin. Det förekommer även att man använder ett djupare skikt av sand eller spån i stället för matta eller madrass i liggbås. Sand har dock dålig absorptionsförmåga och kan vara svår att hantera vid utgödsling (Phillips 2010). Vilket strömedel som används har även inverkan på hur mycket ammoniakemissioner som frigörs i stallet (Misselbrook & Powell 2005).

Liggplatsen kan kontamineras av både sporbildande och icke sporbildande bakterier som exempelvis stafylokocker. Sporbildande bakterier som till exempel *Bacillus cereus* är jordbakterier som kommer in vid skörd av ensilage, äts av kon, går via digestionskanalen och kommer in i mjölken via spenkanalen från material på liggplatsen om liggytan inte hålls ren (Christiansson 2011). Sporbildande bakterier kan också finnas i strömedel (Magnusson *et al.*, 2007).

Mastitrelaterade bakterier

Idag skiljer man på mastitrelaterade smittsamma patogener och mastitrelaterade miljöbakterier.

Ett par mastitrelaterade smittsamma patogener är *Staphylococcus aureus* och *Streptococcus agalactiae*. Dessa finns i mjölkkörteln hos smittade kor och överförs lätt från ko till ko, via djurskötarens händer och mjölkningsdon under mjölkning (NMC., 2011).

Bakterier som kan orsaka miljöbetingad mastit är *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus dysgalactiae*, *Enterococcus faecalis* och *Enterococcus faecium* (Bruno 2010). Dessa bakterier återfinns ofta i foder, jord och mark, gödsel och i strömedlet på kons liggplats. Dessa bakterier sprids oftast till kon mellan mjölkningar (NMC., 2011). Då antalet koliformer (gram-negativa, icke-sporbildande bakterier som fermenterar laktos, t.ex. *E. coli*, *E. aerogenes* och *K. pneumoniae* (Willey *et al.*, 2009b)) eller *S. uberis* överstiger 10^6 cfu/g strömedel ökar risken för miljörelaterade mastiter (Bramley 1982). Cfu används för att beskriva antalet kolonibildande mikroorganismer i ett prov och indikerar antalet livsdugliga mikroorganismer däri. Spridning av dessa patogener kan hållas nere genom att kornas närmiljö hålls torr och ren (NMC., 2011).

Begränsa bakterietillväxt

Det finns ett flertal olika möjligheter att begränsa bakteriers tillväxt i strömedel. De faktorer som används för att inhibera tillväxten baserar sig på ett antal av de basala behov som bakterier har för att kunna föröka sig, såsom tillgång på näring och vätska (Willey *et al.*, 2009a). Olika bakterier tillgodogör sig energi på olika sätt. Streptokocker och Enterokocker kan skapa energi genom fermentering av socker och är inte i behov av syre. Detta till skillnad från *Klebsiella* spp. och *Escherichia coli* som kan skapa energi genom respiration och fermentering samt metabolisera ett flertal olika organiska ämnen (Willey *et al.*, 2009c). Då olika typer av strömedel har olika biokemiska egenskaper och därmed även olika förutsättningar för att fungera som substrat åt bakterietillväxt är det av intresse att studera dessa faktorer. Genom att hålla liggplatsen ren och torr, fri från gödsel, mjölk och foder begränsas strömedlets möjligheter att fungera som substrat åt bakterier (Bernard 2004). Även

strömedlets pH och omgivande temperatur har inverkan på hur bakterietillväxten utvecklas (Godden *et al.*, 2008; Willey *et al.*, 2009a).

pH

Olika typer av mikroorganismer trivs i olika pH. Många mikroorganismer kan fortsätta växa utanför sitt optimala pH men det finns alltid en gräns för vad de klarar av (Willey *et al.*, 2009a). Detta styrker även bland annat Grier (1985) i sin studie där tillväxten av både *Klebsiella* spp. och *Streptococcus* spp. skiljde sig från varandra vid olika pH. Studien visade ett tillväxtoptimum av *Streptococcus* spp. vid pH 9-10 medan *Klebsiella* spp. hade ett pH-optimum vid lägre pH (pH: 6,5 - 9,5). pH-optimum för de vanligast förekommande patogenerna i strömedel som används till mjölkkor har man därför i vissa fall valt att utnyttja i försök att minska tillväxten av bakterier i strömedel (Hogan & Smith 1997). Med hänsyn till denna variation i tillväxt hos mikroorganismer vid olika pH är det av intresse att i studier av olika strömedels hygieniska kvalitet ta hänsyn till materialets pH.

I Minnesota undersökte Godden *et al.* (2008) relationen mellan olika strömedels fysiska och biokemiska egenskaper. I studien, som genomfördes in vitro, valdes *K. pneumoniae* och *E. faecium* ut som representanter för koliforma bakterier respektive streptokocker och olika strömedelsprover kontaminerades med dessa två patogener. Studien visade på att ett högt pH och en hög andel kol (%) i strömedlet till viss del gick att relatera till bakterietillväxt av *K. pneumoniae* och *E. faecium*. Dock var inte skillnaden tillräckligt stor för att säkert härleda bakterietillväxten enbart till dessa två faktorer, detta på grund av att inte alla strömedel med högt pH uppvisade en ökad förekomst av *K. pneumoniae* och *E. faecium*. Alltså har även andra faktorer än pH inverkan på bakterietillväxten (Godden *et al.*, 2008).

Tillväxten av *K. pneumoniae* visade sig vara lägst i ren sand följt av kutterspån och högst i återvunnen sand och återvunnen fastgödsel. Återvunnen fastgödsel och återvunnen sand hade högst tillväxt av *K. pneumoniae*, dessa strömedels pH kan ha gynnat tillväxten av bakterien eftersom deras pH motsvarade bakteriens pH-optimum. Även den höga andelen kol i den återvunna fastgödseln gynnade tillväxten av bakterien. Studien visade även den tydliga biokemiska skillnaden mellan organiska och oorganiska strömedel då den återvunna fastgödseln och kutterspånet innehöll en signifikant högre andel kol (Godden *et al.*, 2008).

Näringsämnen och tillgänglig vätska

Många mikroorganismer är i behov av vätska för att växa. Närmiljöns vattenaktivitet, a_w , alltså hur mycket vätska som finns tillgängligt för mikroorganismen, samt dess näringsmässiga status har därför stor betydelse för bakterietillväxten. Vattenaktivitet mäts i en skala från 0-1 där de flesta mikroorganismer föredrar vattenaktivitet > 0.9 (Willey *et al.*, 2009a).

Studier har visat att tillväxt av patogener korrelerar med de organiska strömedlens låga TS och höga innehåll av näringsämnen i jämförelse med oorganiska strömedel som sand och släckt kalk. Beräkningar visade TS-nivåer på $70,7 \pm 2,8$ % i organiska strömedel medan oorganiska strömedel hade en TS på $94,7 \pm 1,8$ % (Hogan *et al.*, 1989). Vissa osmotoleranta bakterier som till exempel *S. aureus* kan växa vid låg vätsketillgänglighet. Osmotoleranta bakterier klarade av att växa i varierande fuktighet och osmotisk koncentration, detta till skillnad från de flesta andra mikroorganismer som kräver en vattenaktivitet som motsvarar den som är i havsvatten, alltså 0.98 eller högre (Willey *et al.*, 2009a). Detta påvisades även av Hogan *et al.* (1898) som visade att bakterier som inte var osmotoleranta, som exempelvis *Klebsiella* spp. återfanns i högre antal i organiska strömedel än i oorganiska. Samma studie

visade även att det totala antalet gramnegativa bakterier, koliformer, *Klebsiella* spp. samt streptokocker, alla förekom i högre grad i organiska strömedel jämfört med oorganiska (Hogan *et al.*, 1989). Mikroorganismers beroende av näring och fukt för att kunna växa gör att studier av olika strömedels TS och näringsmässiga innehåll får en stor relevans i sammanhanget. Att kunna ställa dessa parametrar i relation till olika strömedels förmåga att stå emot tillväxt av bakterier kan vara mycket användbart vid bedömning av dessas hygieniska kvalitet. Samtidigt så är det inte enbart själva strömedlets biokemiska egenskaper som utgör förutsättningar för tillväxt av patogener eftersom ett strömedel som från början är fritt från bakterier, kontamineras så fort det kommer i kontakt med kons gödsel. Därför är det alltid viktigt att hålla mjölkkons liggplats så ren och torr som möjligt (Zehner *et al.*, 1986).

Godden *et al.* (2008) har visat att det finns en korrelation mellan tillväxt av *K. pneumoniae* och mängden kol (%) i ren sand, återvunnen sand, kutterspån och återvunnen fastgödsel. Dock var korrelationen mellan denna parameter och tillväxt av bakterien inte särskilt stark eftersom tillväxt även kunde ses i strömedel med innehållande en lägre andel kol. Samma studie visade även att andelen kväve (%) i samma strömedel inte med säkerhet kunde kopplas till patogen tillväxt. Då denna studie visade att vissa strömedels fysiska och biokemiska egenskaper hade en korrelation med tillväxt av *K. pneumoniae* men samtidigt inte visade samma korrelation med tillväxt av *E. faecium* så kan man inte enbart förlita sig på dessa egenskaper för att uppskatta hur stor tillväxten av patogener kommer att bli i dessa strömedel (Godden *et al.*, 2008). Även Hogan och Smith (2003) menade att sågspån och andra träbaserade strömedel var mer mottagliga för koliforma och gram-negativa bakterier.

Temperatur

Eftersom mikroorganismer inte själva kan reglera sin inre temperatur så är de högst beroende av den omgivande temperaturen. Temperaturen inverkan på mikrobens tillväxt är främst kopplat till temperaturkänsliga enzymkatalyserade reaktioner inuti mikroorganismen. Då en mikroorganismens temperaturoptimum nås, nås även den maximala tillväxthastigheten (Willey *et al.*, 2009a). Mastitörssakande patogener som till exempel *E. coli* och *S. uberis* kan överleva i temperaturer ner till strax under 15° C, dock är tillväxten vid denna temperatur minimal. Vid temperaturer högre än 15° C och upp till 45° C har dessa bakterier sitt tillväxtoptimum och tillväxten sker i hög takt (Ratkowsky *et al.*, 1982; Ward *et al.*, 2002). Av denna anledning kan det vara av intresse att försöka styra värmebildningen i exempelvis djupströbäddar som annars har visat sig, redan en vecka efter att de lagts in, uppnå temperaturer på 15° C och högre (Ward *et al.*, 2002).

Kristula *et al.* (2005) visade att det finns skillnader i tillväxt av *Klebsiella* spp. mellan sommar- och vinterperioder. Under sommaren kunde man i sandprover som tagits från bakre delen av liggbåset se en ökning av *Klebsiella* spp. för varje dygn som studien pågick. Samma tillväxt observerades inte under vinterperioden då man inte kunde se någon tillväxt. Detta kan delvis ha berott på temperaturskillnader i stallarna mellan sommar- och vinterperiod.

Strömedel

Spån

I en studie av liggbåsar för mjölkkor fann man att förekomsten av *Klebsiella* spp. i spån var dubbelt så stor som förekomsten i sand (Zdanowicz *et al.*, 2004). Samma studie visade även att kor som hade spån på liggytan hade betydligt högre bakteriemängd av *Klebsiella* spp. på spenarna än kor som låg på sand.

Det förekommer att spån blandas med kalciumhydroxid (släckt kalk) för att åstadkomma ett högre pH i ströbädden. Den verkliga effekten av släckt kalk på spåns pH och TS testades av Hogan & Smith (1997) i liggbås med gummimatta hos uppbundna mjölkkor. Studien visade att spån som blandats med släckt kalk har högre pH än spån som inte uppblandats. Vid uppblandning med släckt kalk i spån steg strömedlets pH från 4,5 till 12,1. Spånets TS på kring 90 % förblev oförändrat. Studien visade att strömedlets höga pH till en början höll tillbaka tillväxten av *Klebsiella* och *Streptococcus spp.* Dock var denna effekt inte särskilt långvarig eftersom pH i det kalkinblandade strömedlet sjönk igen efter 48 timmar på kons liggplats och då möjliggjorde ytterligare bakterietillväxt. Innan strömedlet som blandats med släckt kalk spreds på liggplatsen låg förekomsten av koliforma bakterier och *Streptococcus spp.* under 10^2 cfu/g strömedel i 78 % av proverna. I det sågspån som inte blandats med släckt kalk var bakterienivån högre (Hogan & Smith 1997). I samma studie kunde man även se att gramnegativa bakterier, koliformer och *Klebsiella spp.* alla förekom i lägre mängd i det strömedlet som innehöll släckt kalk jämfört med det ouppblandade spånet som byttes ut dagligen. Detta resultat styrker även Fairchild *et al.*, (1982) med en studie som även den visade att kor som låg på spån som blandats med släckt kalk hade ett lägre totalt antal koliformer och *Klebsiella spp.* på spenarna jämfört med kor som låg på enbart spån. Man bör dock ta hänsyn till att alla patogener inte reagerar lika i takt med att pH förändras eftersom olika mikrober trivs i olika pH (Willey *et al.*, 2009a).

Magnusson *et al.* (2007) visade att det fanns en betydande tillväxt av *B. cereus* i djupa ströbäddar av spån. Detta tyder på att detta sätt att använda just spån bildar en god miljö för dessa sporbildande bakterier. Studien visade att bakterieantalet inte skiljde sig nämnvärt mellan de spånbäddar som byttes ut dagligen och de som byttes ut två gånger i veckan. Dock innehöll det strömedel som byttes ut mer sällan ett högre antal sporer och bakterier fördelat på den tid som det strömedlet användes. Magnusson *et al.* (2007) visade även att koliforma bakterier redan tidigt efter att strömedlet spridits på liggplatsen hade ökat i antal.

Rendos *et al.* (1974) visade att mjölkkor som låg på spånbädd hade högre mängd av koliformer och *Klebsiella spp.* jämfört med kor som hade sand, halm eller kutterspån som underlag. Samma studie visade även att kor som låg på sågspån eller halm hade en högre mängd stafylokocker på spenarna än de kor som låg på kutterspån. Dock hade de kor som haft sågspån på liggplatsen färre streptokocker på spenarna än kor som legat på kutterspån.

Godden *et al.* (2008) visade att bakterietillväxten av *E. faecium* snabbt minskade i kutterspån, vilket gör att detta strömedel kan ses som fördelaktigt. Detta kan dock vara förledande eftersom det samtidigt gav viss tillväxt av *K. pneumoniae* som är den potentiellt mer mastitörsakande patogenen av dessa två. Samtidigt behöver inte sågspån nödvändigtvis utgöra en källa till problem med tillväxt av koliforma bakterier om man ser till att hålla sågspånet fritt från inblandning av gödsel (Zehner *et al.*, 1986).

Bakterietillväxten i spån är korrelerat till TS. Då de flesta mikroorganismer föredrar en vattenaktivitet på 0.98 eller högre bör vattenaktiviteten i strömedlet vara lägre än detta värde. Sågspån med TS >70% hade en vattenaktivitet som understeg 0.98 (Magnusson *et al.*, 2007; Willey *et al.*, 2009a). Ett problem med detta kan vara att organiska strömedel ofta har ungefär 70 % TS vilket skulle kunna gynna bakterietillväxten i denna typ av strömedel (Hogan *et al.*, 1989). Det förekommer att spån blandas med kalciumhydroxid (släckt kalk) för att åstadkomma ett högre pH i ströbädden. Den verkliga effekten av släckt kalk på spåns pH och TS testades av Hogan & Smith (1997) i liggbås med gummimatta hos uppbundna mjölkkor. Studien visade att spån som blandats med släckt kalk har högre pH än spån som inte uppblandats. Vid uppblandning med släckt kalk i spån steg strömedlets pH från 4,5 till 12,1.

Spånets TS på kring 90 % förblev oförändrat. Studien visade att strömedlets höga pH till en början höll tillbaka tillväxten av *Klebsiella* och *Streptococcus spp.* Dock var denna effekt inte särskilt långvarig eftersom pH i det kalkinblandade strömedlet sjönk igen efter 48 timmar på kons liggplats och då möjliggjorde ytterligare bakterietillväxt. Innan strömedlet som blandats med släckt kalk spreds på liggplatsen låg förekomsten av koliforma bakterier och *Streptococcus spp.* under 10^2 cfu/g strömedel i 78 % av proverna. I det sågspån som inte blandats med släckt kalk var bakterienivån högre (Hogan & Smith 1997). I samma studie kunde man även se att gramnegativa bakterier, koliformer och *Klebsiella spp.* alla förekom i lägre mängd i det strömedlet som innehöll släckt kalk jämfört med det ouppblandade spån som byttes ut dagligen. Detta resultat styrker även Fairchild *et al.*, (1982) med en studie som även den visade att kor som låg på spån som blandats med släckt kalk hade ett lägre totalt antal koliformer och *Klebsiella spp.* på spenarna jämfört med kor som låg på enbart spån. Man bör dock ta hänsyn till att alla patogener inte reagerar lika i takt med att pH förändras eftersom olika mikrober trivs i olika pH (Willey *et al.*, 2009a).

Magnusson *et al.* (2007) visade att det fanns en betydande tillväxt av *B. cereus* i djupa ströbäddar av spån. Detta tyder på att detta sätt att använda just spån bildar en god miljö för dessa sporbildande bakterier. Studien visade att bakterieantalet inte skiljde sig nämnvärt mellan de spånbäddar som byttes ut dagligen och de som byttes ut två gånger i veckan. Dock innehöll det strömedel som byttes ut mer sällan ett högre antal sporer och bakterier fördelat på den tid som det strömedlet användes. Magnusson *et al.* (2007) visade även att koliforma bakterier redan tidigt efter att strömedlet spridits på liggplatsen hade ökat i antal.

Rendos *et al.* (1974) visade att mjölkkor som låg på spånbädd hade högre mängd av koliformer och *Klebsiella spp.* jämfört med kor som hade sand, halm eller kutterspån som underlag. Samma studie visade även att kor som låg på sågspån eller halm hade en högre mängd stafylokocker på spenarna än de kor som låg på kutterspån. Dock hade de kor som haft sågspån på liggplatsen färre streptokocker på spenarna än kor som legat på kutterspån.

Godden *et al.* (2008) visade att bakterietillväxten av *E. faecium* snabbt minskade i kutterspån, vilket gör att detta strömedel kan ses som fördelaktigt. Detta kan dock vara förledande eftersom det samtidigt gav viss tillväxt av *K. pneumoniae* som är den potentiellt mer mastitörsakande patogenen av dessa två. Samtidigt behöver inte sågspån nödvändigtvis utgöra en källa till problem med tillväxt av koliforma bakterier om man ser till att hålla sågspånet fritt från inblandning av gödsel (Zehner *et al.*, 1986).

Bakterietillväxten i spån är korrelerat till TS. Då de flesta mikroorganismer föredrar en vattenaktivitet på 0.98 eller högre bör vattenaktiviteten i strömedlet vara lägre än detta värde. Sågspån med TS >70% hade en vattenaktivitet som understeg 0.98 (Magnusson *et al.*, 2007; Willey *et al.*, 2009a). Ett problem med detta kan vara att organiska strömedel ofta har ungefär 70 % TS vilket skulle kunna gynna bakterietillväxten i denna typ av strömedel (Hogan *et al.*, 1989).

Sand

Djupa sandbåsar ger en mycket god kokomfort och är populära i mjölkostallar i mellersta USA. Tillväxten av mikroorganismer i sand påverkas av hur ren man lyckas hålla den. Inblandning av jord, gödsel, mjölk och andra organiska material i sanden påverkar hur stor tillväxten av bland annat streptokocker blir i sanden (Hogan & Smith 2003). I en studie av Zdanowicz *et al.* (2004) som gjorts i 40 cm djupa djupströbäddar med sand respektive spån har även en korrelation mellan strömedlets TS samt hygien och tillväxt av *Klebsiella spp.* och

Streptococcus spp. observerats. Detta indikerar att även sandens TS kan ha inverkan på tillväxten i strömedlet.

Idag finns det flera olika metoder för att rena och återanvända sand varvid sanden separeras från gödsel och återanvänds i liggbåsen (Kristula *et al.*, 2005). Ren sand och återvunnen sand skiljer sig något från varandra i sina biokemiska och fysiska egenskaper då de innehåller olika mängd organiskt material och även har olika TS. Ren sand innehåller lägre andel organiskt material, i form av kol- och kväveföreningar samt har en högre TS ($95 \pm 1,5$ %) än återvunnen sand (Kristula *et al.*, 2005).

Kristula *et al.* (2005) har i en studie jämfört totalantalet bakterier i ren sand och återvunnen sand för att ställa de olika alternativen mot varandra. Från strömedelsprover som tagits från den bakre delen av liggbåset i flera olika besättningar beräknades totalantalet bakterier per gram strömaterial, mängden koliformer, *Streptococcus* spp. samt *Klebsiella* spp. Även strömedlets fysiska och biokemiska egenskaper som TS och innehåll av organiskt material beräknades. Studien visade att bakterietillväxten i ren och återvunnen sand inte skiljde sig nämnvärt från varandra. Däremot visade studien en skillnad i bakterietillväxt mellan sommar- och vinterperiod. I både ren och återvunnen sand ökade antalet koliforma bakterier varje dygn under sommarperioden, samma tillväxt kunde inte ses under vinterperioden. Det noterades även förhöjda nivåer av *Streptococcus* spp. redan efter första dagen som strömedlet spridits på liggplatsen. Även om viss tillväxt noterades visade studien att alla nivåer av gramnegativa och koliforma bakterier samt *Streptococcus* spp. och *Klebsiella* spp., låg under gränsvärdet på 1 000 000 cfu/g för mastituppkomst (Kristula *et al.*, 2005).

I en studie av Godden *et al.* (2008) där man studerade bakterietillväxt i olika typer av strömedel och samtidigt undersökte materialens nivåer av kväve (%) och kol (%) samt dess pH, hade ren sand och återvunnen sand olika biokemiska egenskaper samt skilda förmågor att fungera som substrat åt bakterier. Studien visade en signifikant skillnad i tillväxten i de olika sandtyperna och de olika provtillfällena. Återvunnen sand visade sig innehålla högre andel kväve och kol och det fanns en signifikant skillnad i biokemiska egenskaper mellan de två sandtyperna. Tillväxten av *K. pneumoniae*, var större i den återvunna sanden som relaterades till strömedlets höga pH och den totala mängden kol (%) som kan ha bidragit till en biokemiskt fördelaktig miljö åt bakterien (Godden *et al.*, 2008). Samma studie visade även att tillväxten av *E. faecium* minskade med tiden i ren sand och kutterspån samtidigt som den ökade något i återvunnen fastgödsel och återvunnen sand (Godden *et al.*, 2008). Kristulla *et al.* (2005), visade även att antalet *Streptococcus* spp. ökade i återvunnen sand efter ett dygn på kons liggplats.

Andra studier pekar också på att tillväxt av *Streptococcus* spp. är högre än tillväxten av *Klebsiella* spp. i sand. *Klebsiella* spp. är istället vanligare i strömedel av trämaterial. I en studie där bakterietillväxt av *Klebsiella* spp. och *Streptococcus* spp. studerades hade korna med sand i liggbåsen tio gånger mer *Streptococcus* spp. på spenarna än de som låg på sågspån. Studien visade även att de kor som låg på spån hade sex gånger mer *Klebsiella* spp. på spenarna än de kor som hade sand på sina liggplatser (Zdanowicz *et al.*, 2004).

Halm

Medan strömedel av trä är mer mottagliga för gram-negativa bakterier och koliforma bakterier så har streptokocker visat sig mer frekvent förekommande i halm och sand (Hogan & Smith 2003). Av de bakterier som kan orsaka miljöbetingad mastit så har *S. uberis* visat sig vanligt förekommande då halm använts som strömedel (Bruno 2010; Bramley 1982; Rendos *et al.*, 1974; Hogan & Smith 2003). Rendos *et al.* (1974) och Hogan *et al.* (1989) visade att

tillväxten av koliformer och *Klebsiella* spp. var lägre då halm används som strömedel jämfört med sågspån och kutterspån, samt att tillväxt av *Streptococcus* spp. och *Staphylococcus* spp. var högre i halm. Även om många studier pekar i denna riktning finns även andra, till viss del skilda resultat. I en *in vitro* studie av Zehner *et al.* (1986) jämfördes tillväxten av *E. coli*, *S. uberis* och *K. pneumoniae* i 5 olika strömedel (hackad halm, sågspån, kutterspån, torkad gödsel och tidningspapper). Bakterietillväxten var störst i tidningspapper följt av hackad halm. Precis som Rendos *et al.* (1974) visade Zehner *et al.* (1986) att tillväxt av *S. uberis* var större i hackad halm jämfört med sågspån och kutterspån. Även Hogan *et al.*, (1989) visade att tillväxten av streptokocker var signifikant högre i halm än sågspån. Den *in vitro* studie som genomfördes av Zehner *et al.* (1986), visade att sågspån och kutterspån som kontaminerats med *S. uberis* inte gynnade tillväxten av bakterien. Dock kunde man se viss ökning i antalet cfu/g strömedel i halm som tycks ha fungerat som ett bättre substrat för bakterien. Detta stämmer överens med både tidigare och senare genomförda studier (Rendos *et al.*, 1974; Zehner *et al.*, 1986; Hogan *et al.*, 1989).

Det har även gjorts studier där försök att begränsa tillväxt av miljöbakterier som *E. coli* och *S. uberis* i djupströbbäddar av halm genom att sprida släckt kalk i halmen. Då släckt kalk spreds över bädden var syftet att höja pH så pass högt (pH > 9.5) att det hämmade bäddens förmåga att agera som substrat åt bakterietillväxt. Detta höga pH nåddes enbart under en kortare period då 0.4 kg släckt kalk/m² nyinlagd bädd spreds i lösdriften. Alltså gav inte släckt kalk önskat resultat. (Ward *et al.*, 2002).

Återvunnen fastgödsel

Torkad eller komposterad fastgödsel har blivit alltmer vanligt som strömedel i mjölkobesättningar. Det finns flera olika tekniker för att separera ut vätskan från den fasta gödseln. Exempel på tillgängliga tekniker för denna process är skruvpressning, filtrering eller centrifugering av gödsel (Burton 2007). Dessa tekniker ska inte bara avlägsna vätskan från de fasta delarna av gödseln utan även minska andelen näringsämnen i strömedlet. Dock har detta strömedels egenskaper snabbt förändrats då det spridits i stallar vilket visat sig i form av en ökad tillväxt av bland annat *Klebsiella* spp. (Carroll & Jasper 1978).

Flera studier visar att återvunnen fastgödsel har goda förutsättningar för att gynna bakterietillväxt. I Kalifornien visade Carroll *et al.* (1978) att då denna typ av strömedel användes förekom tillväxt av *E. coli*, *Klebsiella* spp. och *Enterobacter*. Förekomsten av *Klebsiella* spp. visade sig till en början vara låg i återvunnen gödsel men då strömedlet blev fuktigt ökade snabbt denna bakterie i antal. Även Godden *et al.* (2008) visade att bakterietillväxt av *K. pneumoniae* är högre i återvunnen gödsel jämfört med ren sand, återvunnen sand samt kutterspån. Detta kan bero på att den återvunna gödseln har ett högre innehåll av organiska ämnen som kan ge näring åt mikroorganismer. Återvunnen fastgödsel hade även ett högre pH (8.90) än de övriga strömedlen i studien. Även tillväxten av *E. faecium* visade sig vara högre i återvunnen fastgödsel än i ren sand och kutterspån.

Torv

Magnusson *et al.* (2007) visade att torv har en inhiberande effekt på *B. cereus*. Att torv har en bättre motståndskraft mot denna bakterie tros bero på dess låga pH. Även torv i kombination med sågspån kunde stå emot bakterien men torv uppblandad med hackad halm hade inte samma effekt (Magnusson *et al.*, 2007).

En studie av Haltia *et al.* (2006) visade dock att kor som hade torv som strömedel hade högre förekomst av mastiter än kor som hade sågspån eller halm som strömedel. Merparten av dessa

juverinflammationer orsakades av smittsamma bakterier (*S. aureus*, *Corynebacterium bovis* och *S. agalactiae*). Att denna typ av bakterier var den huvudsakliga orsaken till mastituppkomst i studien indikerar att det kan ha funnits bristande rutiner för att upprätthålla en god hygien under mjölkning i de besättningar som studien utförts i (Hatia *et al.*, 2006). Dock finns det andra studier med skilda resultat som visat att rengöring av spenarna vid automatisk mjölkning inte påverkats av vilken typ av strömedel som använts (Hovinen, 2009).

Diskussion

Strömedlets biokemiska och fysiska egenskaper har visat sig ha viss inverkan på tillväxten av juverpatogena bakterier och kan därför ses som en viktig komponent i bedömningen av olika strömedels hygieniska kvaliteter. De strömedelstyper som studerats av Godden *et al.* (2008) har alla visat sig ha olika biokemiska och fysiska egenskaper så som olika innehåll av kol, kväve och vätska samt skillnader i pH. Dock var korrelationen mellan dessa faktorer och bakterietillväxten inte särskilt starka vilket kan ha berott på att materialet i studien varit för litet eller att andra faktorer som inte undersökts i studien haft inverkan på resultatet.

Strömedlets pH har viss betydelse för hur bakterietillväxten utvecklas i strömedlet. Detta visade Godden *et al.* (2008) där tillväxten av *E. faecium* var lägst i kutterspån i jämförelse med ren sand, återvunnen sand och återvunnen fastgödsel. Studien visade en korrelation mellan de tre sistnämnda strömedlens pH och bakterietillväxt. Godden *et al.* (2008) visade även att tillväxten till viss del kunde kopplas till hur väl strömedlets pH motsvarade bakteriens pH-optimum. Av denna anledning kan det vara av intresse att studera fler metoder för att styra och reglera pH i olika typer av strömedel och ströbäddar. Då släckt kalk inte gett tillräcklig effekt då man önskat höja pH i strömedel på kons liggplats är metoden knappast ekonomiskt försvarbar (Hogan & Smith 1997). Dock skulle behandlingen kunna vara gynnsam om strömedlet byttes ut dagligen. På så vis skulle man kunna hålla nivåerna av gram-negativa bakterier, koliformer och *Streptococcus* spp. på en lägre nivå i kornas närmiljö.

Då en hög andel bakterier inte är osmotoleranta och därmed inte överlever i allt för vätskesnåla miljöer kan också en hög vattenaktivitet gynna tillväxt av denna bakterietyp. Därför är strömedlets vattenaktivitet en viktig faktor att ta hänsyn till då man vill minimera tillväxten av patogener i kornas närmiljö. Genom att välja strömedel med hög TS och därmed även låg vattenaktivitet så kan man påverka tillväxten av icke osmotoleranta bakterier och på så vis minimera antalet bakterier av denna typ. Det är även alltid viktigt att hålla liggplatsen så torr som möjligt (Bernard 2004).

Rendos *et al.* (1974) visade att förekomsten av olika bakteriepopulationer i olika strömmaterial främst berodde på typ av strömedel och inte hur länge det hade använts. Detta kunde påvisas eftersom prover togs på strömedel som använts olika länge. Detta styrker även Godden *et al.* (2008) i en studie som visade att tillväxten av *Klebsiella* spp. avstannade i både ren sand och återvunnen sand efter 24 timmar men att tillväxtgraden skiljde sig mellan de olika strömedlen. Dock betyder inte detta att samma strömedel kan användas under en obegränsad tid utan att bytas ut. Att tillväxten avstannar efter en viss tid behöver inte betyda att mängden bakterier i materialet minskar, utan snarare att de bakterier som man från början kontaminerat strömedelsproverna med inte ökar i antal. Nya bakterier från bland annat foder, mjölk och gödsel kan kontaminera strömedlet och därefter öka i antal. Detta kan innebära att strömedlets totala innehåll av bakterier kan fortsätta stiga även om tillväxten av en viss bakterie avstannat. Så länge strömedlet finns i kornas närmiljö kan nya organiska material tillföras till ströbädden och på så vis tillhandahålla mikroorganismer med material som dessa potentiellt skulle kunna utnyttja som energikälla (Bernard, 2004).

En viss variation finns mellan de studier där sand studerats. Ett problem när man ska jämföra studier av denna typ är att vissa av studierna är utförda i bruksmiljöer, direkt i ladugårdar (Kristula *et al.*, 2005; Magnusson *et al.*, 2007), medan andra är utförda i mer kontrollerade laboriemiljöer (Godden *et al.*, 2008). Medan Godden *et al.* (2008) inte tog sina prover från ett stall utan iscensatte en kontaminering av strömedlet så gjorde bland annat Kristula *et al.* (2005) och Magnusson *et al.* (2007) sin provtagning direkt från använda liggplatser ute i besättningar. Studier som utförs i bruksmiljö är svårare att kontrollera och fler faktorer som exempelvis inblandning av gödsel, mjölk, andra bakterier, temperatur och luftfuktighet *et cetera*, kan ha inverkat på resultatet. Därför är resultatet från dessa studier mycket varierande eftersom så många olika faktorer kan ha inverkat på resultatet. Båda undersökningsmetoderna har sina för- och nackdelar. Laboriestudier ger en mer kontrollerad miljö, vilket gör att det främst är själva strömedlets egenskaper som visas, detta kan vara fördelaktigt om man vill ställa strömedlen mot varandra utefter deras olika grundförutsättningar. Dock kan det vara svårt att helt efterlikna en stallmiljö med de olika bakterier som finns där. Detta kan göra det svårt att rekommendera eller avråda någon från att använda någon av dessa strömedel eftersom man inte vet om resultatet från laboriestudien hade sett likadant ut i en bruksmiljö. Det varierande resultatet kan även bero på att man har använt sig av olika *Streptococcus* spp. Hänsyn bör även tas till att det kan finnas skillnader mellan olika leveranser och omgångar av samma strömedel (Magnusson *et al.*, 2007) och att det i sin tur kunde påverka hur bakterietillväxten utvecklades i strömedlen.

Många studier pekar på att organiska strömedel har mer fördelaktiga fysiska och biokemiska egenskaper för bakterietillväxt än vad oorganiska strömedel har (Hogan *et al.*, 1989; Bernard 2004; Godden *et al.*, 2008). Dock fanns avvikelser där vissa typer av oorganiska strömedel visade sig ha en högre tillväxt av vissa streptokocker (Godden *et al.*, 2008). Detta kan bland annat bero på att andra faktorer som inte studerades i den genomförda studien hade inverkan på bakteriernas tillväxt eller så kunde vissa biokemiska egenskaper väga upp för andra mindre fördelaktiga egenskaper och på så vis ha gjort miljön mer fördelaktig för patogenen i fråga. Då sand inte hade samma vätskeupptagningsförmåga som många av de organiska strömedlen samt att ren sand knappt alls innehåller näringsämnen som kol och kväve, som annars skulle kunna fungera som näringsämnen åt mikroorganismerna, så kan man på dessa grunder se detta strömedel som fördelaktigt. Dock måste sandens positiva egenskaper vägas upp mot de mindre fördelaktiga, som att absorptionsförmågan är dålig samt att skötsel av liggbås och bortförsel av gödsel kan bli mer problematiskt med detta strömedel (Bernard 2004; Phillips 2010). Eftersom man har kunnat se en korrelation mellan stallens renhet och mängden bakterier i strömedel är det framför allt viktigt att man har goda rutiner för renhållning i stallarna. Organiska ämnen som mjölk, foderrester och gödsel kan fungera som substrat för tillväxt av patogener (Dodd 1983). Skötselrutiner bör inte bara gälla mjölkornas liggplats utan även renhållning av golv och bortförsel av gödsel från stallgångarna, eftersom gödsel från gångarna kan föras upp på liggplatsen (Magnusson *et al.*, 2007). Alltså har det mindre betydelse att man har ett högkvalitativt strömedel ute i besättningarna om det inte finns goda rutiner för renhållning av stallar och liggplatser. Dålig skötsel och smutsiga liggplatser leder till att antalet bakterier i stallarna kommer att stiga vilket i sin tur leder till en ökad smittorisk för korna i besättningen (Bernard, 2004).

Då förekomsten av klinisk mastit kan relateras till bakteriehalten i strömedel (Hogan *et al.*, 1989) är strömedlets hygieniska kvalitet en viktig fråga både för djurens välfärd och för producentens ekonomi (Taylor & Halasa 2007). Det är därför viktigt att producenter som håller mjölkkor inte bara väljer strömedel efter dess tillgänglighet och pris utan även beaktar strömedlets motståndskraft mot patogener (Godden *et al.*, 2008).

Några grundförutsättningar som kan minska tillväxten av patogener på kornas liggplats kan vara att använda sig av ett strömedel med hög TS. Strömedel med hög TS, alltså över 70 %, kan bidra med en mindre trivsamt miljö för bakterierna att växa i (Hogan *et al.*, 1989). Även mjölk och andra vätskors inverkan på strömedlets TS efter det att strömedlet spridits på liggplatsen bör beaktas eftersom detta gör att ströbädden blir fuktig. Strömedel som är fattiga på näringsämnena kol och kväve bidrar med färre ämnen som kan användas till energi av bakterien. Även strömedlets pH har visat sig ha viss inverkan på tillväxten, man bör dock tänka på att olika bakterier trivs i olika pH (Godden *et al.*, 2008). Vikten av goda renhållningsrutiner i ladugården är mycket stor och rena liggplatser fria från inblandning av mjölk, urin, avföring och foderrester korrelerar med låg bakterietillväxt (Bernard 2004).

Slutsats

Sammantaget kan man säga att det inte finns något strömedel som är 100 % motståndskraftigt mot bakterietillväxt men att alla strömedel har sina för- och nackdelar och är mer eller mindre mottagliga för olika typer av patogener.

Olika fysiska och biokemiska egenskaper hos strömedlet möjliggör tillväxt av olika typer av patogener. Organiska strömedel innehåller mer kväve och kol som utgör näringsämne åt bakterier som kan vara patogena. Organiska strömedel har också högre TS och högre vätskeupptagningsförmåga. Alla dessa egenskaper bidrar till bakterietillväxt och kan därför göra att organiska strömedel kan ses som mindre fördelaktiga. Dock bör man tänka på att alla strömedel har sina för- och nackdelar. Men, med goda renhållningsrutiner i korrekt utformat stallsystem bör inget av här beskrivna strömedel vara en större källa till problem med patogener än något annat.

Referenser

- Bengtsson, L. & Herlin, A.H., 2001. Inredning för nötkreatur. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi. Undervisningskompendium.
- Bernard, J.K., 2004. Bedding Strategies in Free-stall Barns. Florida Dairy Production Conference. 9–19.
- Bramley, A.J., 1982. Sources of *Streptococcus uberis* in the dairy herd. I. Isolation from bovine faeces and from straw bedding of cattle. *Journal of Dairy Research*, (49),369–373.
- Bruno, D.R., 2010. Mastitis , Mammary Gland Immunity , and Nutrition. , 19–26.
- Burton, C.H., 2007. The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. *Livestock Science*, 112,208–216.
- Carroll, E.J. & Jasper, D.E., 1978. Distribution of Enterobacteriaceae in Recycled Manure Bedding on California Dairies. *Journal of dairy science*, 61,1498–1508.
- Christiansson, A., 2011. Pathogens in milk. *Encyclopedia of Dairy Science*, 24–30.
- Dodd, F., 1983. Mastitis-Progress on Control. *Journal of dairy science*, 66,1773–1780.
- Fairchild, T., McArthur, B., Moore, J., Hylton, W., 1982. Coliform Counts in Various Bedding Materials. *Journal of dairy science*, 65,1029–1035.
- Godden, S., Bey, R., Lorch, K., Farnsworth, R., Rapnicki, P., 2008. Ability of organic and inorganic bedding materials to promote growth of environmental bacteria. *Journal of dairy science*, 91,151–9.
- Grier, P. 1985.Dynamics of bacteriel populations in bedding materials. The Ohio state university. A thesis for the degree Master of science.
- Haltia, L., Honkanen-Buzalski, T., Spiridonova, I., Olkonen, A., Myllys, V., 2006. A study of bovine mastitis, milking procedures and management pratices on 25 Estonian dairy herds. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 48.
- Hogan, J.S., Smith, K.L., Hoblet, K.H., Todhunter, D.A., Schoenberger, P.s., Hueston, W.D., Pritchard, D.L., Bowman, G.L., Heider, W.D., Brockett, B.L., Conrad, H.R., 1989. Bacterial Counts in Bedding Materials Used on Nine Commercial Dairies. *Journal of dairy science*, 72, 250–258.
- Hogan, J.S. & Smith, K.L., 1997. Bacteria counts in sawdust bedding. *Journal of dairy science*, 80,1600–5. Hogan, J.S. & Smith, K.L., 2003. Environmental streptococcal mastitis., 162–171.
- Hovinen, M. 2009. Udder health of dairy cows in automatic milking. University of Helsinki, Faculty of veterinary medicine.
- Kristula, M.A., Rogers, W., Hogan, J.S., Sabo, M., 2005. Comparison of bacteria populations in clean and recycled sand used for bedding in dairy facilities. *Journal of dairy science*, 88,4317–25.
- Magnusson, M., Svensson, B., Kolstrup, C., Christiansson, A., 2007. *Bacillus cereus* in free-stall bedding. *Journal of dairy science*, 90,5473–82.

- Misselbrook, T.H. & Powell, J.M., 2005. Influence of bedding material on ammonia emissions from cattle excreta. *Journal of dairy science*, 88, 4304–12.
- NMC, 2011. Milk quality, NMC, A global organization for mastitis control and milk quality. El Lechero Mayo, 14.
- Paul, S.T., Bey, R.F., Reneau, J.K., Farnsworth, R.J., 2002. Manage bedding to control bacteria and reduce udder infections. *Minnesota dairy health conference*. 103–113.
- Phillips, C.J., 2010. Cubicles/free stalls. In: *Principles of cattle production*. 100–102. CAB International.
- Ratkowsky, D.A. et al., 1982. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures . Relationship Between Temperature and Growth Rate of Bacterial Cultures. *Journal of Bacteriology*, 149,1–5.
- Rendos, J.J., Eberhart, R.J. & Kesler, E.M., 1974. Microbial Populations of Teat Ends of Dairy Cows, and Bedding Materials. *Journal of Dairy Science*, 58,1492–1500.
- Taylor, P. & Halasa, T., 2007. Economic effects of bovine mastitis and mastitis management : A review Economic effects of bovine mastitis and mastitis management : A review. , (March 2013), .37–41.
- Ward, W.R., Hugher, J.W., Faull, W.B., Cripps, P.J., Sutherland, J.P., Sutherst, J.E., 2002. Observational study of temperature, moisture, pH and bacteria in straw bedding, and faecal consistency, cleanliness and mastitis in cows in four dairy herds.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M. & Woolverton, C.J., 2009a. Influences of environmental factors on growth. In: *Prescott's Principles of microbiology*. 138–143. McGraw-Hill.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M. & Woolverton, C.J., 2009b. Sannitary analyses of waters. In: *Prescott's Principles of microbiology*. 834–835. McGraw-Hill.
- Willey, J.M., Sherwood, L.M. & Woolverton, C.J., 2009c. The Proteobacteria. In: *Prescott's Principles of microbiology*. 439–473. McGraw-Hill.
- Zdanowicz, M., Shelford, J.A., Tucker, C.B., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2004. Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. *Journal of dairy science*, 87,1694–701.
- Zehner, M., Farnsworth, R.J., Appleman, R.D., Larntz, K., Springer, J.A., 1986. Growth of Environmental Mastitis Pathogens in Various Bedding Materials. *Journal of dairy science*, 69,1932–1941.

I denna serie publiceras examensarbeten (motsvarande 15, 30, 45 eller 60 högskolepoäng) vid Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionens examensarbeten finns publicerade på SLUs hemsida www.slu.se.

In this series Degree projects (corresponding 15, 30, 45 or 60 credits) at the Department of Animal Nutrition and Management, Swedish University of Agricultural Sciences, are published. The department's degree projects are published on the SLU website www.slu.se.

Sveriges lantbruksuniversitet Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap Institutionen för husdjurens utfodring och vård Box 7024 750 07 Uppsala Tel. 018/67 10 00 Hemsida: www.slu.se/husdjur-utfodring-varld	Swedish University of Agricultural Sciences Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science Department of Animal Nutrition and Management PO Box 7024 SE-750 07 Uppsala Phone +46 (0) 18 67 10 00 Homepage: www.slu.se/animal-nutrition-management
---	--